

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
PatentavdelningenIntyg
Certificate

REC'D 18 JAN 2005

WIPO PCT

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

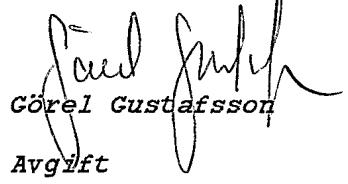
(71) Sökande ABB AB, Västerås SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0303612-6
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2003-12-31
Date of filing

Stockholm, 2005-01-04

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office


Görel Gustafsson

Avgift
Fee

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

667158 - 031231/UR

Ink. t. Patent- och reg.verf

2003-12-31

1

Huvudfaxen Kassan

Metod och anordning för mätning av dimensioner och egenskaper hos ett mätobjekt**Tekniskt område**

5

Föreliggande uppfinning hänför sig i första hand till beröringsfri mätning/bestämning av ett mätobjekts eftersökta egenskaper eller parametrar såsom exempelvis geometriska dimensioner eller elektriska egenskaper. Detta kan vara mätobjekts tjocklek eller elektriska ledningsförmåga. Uppfinningen avser speciellt beröringsfri mätning som utnyttjar elektromagnetisk induktion och mäter på elektriskt ledande men huvudsakligen omagnetiska föremål såsom exempelvis metallprodukter.

15

Ett speciellt tillämpningsområde är tjockleksmätning vid tillverkning av metallplåtar, metallband etc och t.ex. där det är nödvändigt att kontinuerligt mäta plåtens tjocklek för att kunna höja plåtens eller bandets slutliga kvalitet.

20

Uppfinningen kan även användas för mätning av icke-metalliska, men dock elektriskt ledande, föremål.

25

Uppfinningen är speciellt ämnad för beröringsfri och samtidig mätning av tjocklek och elektriska egenskaper hos ett tunnt metalliskt och omagnetiskt material såsom exempelvis metallfolie.

Uppfinningens bakgrund

30

Mätning av dimensioner och egenskaper hos metallprodukter är av central betydelse i dagens metallindustri. För att i

9571SE - 031231/UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2

2003 -12- 3 1

Huvudfaxen Kasson

tillverkningsprocesserna kunna styra slutprodukterna till önskad kvalitet är det av stor vikt att den kontinuerliga mätningen av olika storheter/parametrar av produkten är korrekt och pålitlig. Speciellt gäller detta vid tillverkning 5 av plåt eller band, där t.ex. tjockleken är av vital betydelse. De tekniker som används idag såsom t.ex. ljusbaserade tekniker, strålningsbaserade tekniker och tekniker med mekanisk kontakt, är ofta känsliga för störningar i omgivningen och för det mätta materialets sammansättning. 10 Kända metoder är därför inte lämpliga att använda när högsta materialkvalitet eftersträvas. En ny grundläggande mätteknik som inte har dessa svagheter är därför nödvändig att påvisa.

15 Teknikens ståndpunkt

Induktiv mätteknik har sedan länge föreslagits som möjlig mätteknik för mätning av dimensioner och egenskaper hos metaller. De äldsta patentsökta metoderna inom området dateras 20 redan så tidigt som kring 1920. Denna teknik blev aldrig riktigt industriellt accepterad och tillämpad då mätningen av ett objekts tjocklek påverkades alltför mycket av materialets sammansättning.

25 Det var först genom den teknik som beskrivs i US 5059902 och SE 517293 som mätframgångarna kom och tekniken blev industriellt accepterad och tillämpad. Med den nya tekniken kunde industriellt användbara och framgångsrika mätanordningar konstrueras. Dessa mätanordningar löste de svagheter som 30 tidigare mätteknik varit behäftad med.

En nackdel med denna nya teknik har dock varit att den inte kunnat användas för mätning på mycket tunna plåtar, såsom exempelvis metallfolie. Detta är en väsentlig nackdel eftersom en industriell mätteknik bör vara generellt användbar och 5 kunna mäta plåtar med olika tjocklekar och med olika materialegenskaper.

Ett annat känt förfarande för beröringsfri mätning av tjockleken hos en plåt är att bestråla plåten med radioaktiv 10 strålning eller med röntgenstrålning och sedan mäta strålningsabsorptionen hos plåten. Denna absorption är beroende av bl.a. tjockleken hos plåten och utgör ett primärt mätvärde för dess tjocklek. Mätvärdet påverkas dock även av materialets sammansättning, varför noggrannheten i mätningen inte blir 15 tillräckligt bra.

Det är också tidigare känt att mäta tjockleken hos ett band eller en plåt hos ett elektriskt ledande material med elektriska induktionsmetoder. Man låter därvid en eller flera 20 sändarspolar alstra ett tidsvarierande magnetfält som bringas att tränga in i det elektriskt ledande materialet och där inducera en ström. Denna ström alstrar i sin tur ett magnetfält som inducerar en spänning i en eller flera mottagar-spolar. Den inducerade spänningen används, efter någon signal- 25 behandling, som ett mätt på tjockleken.

De för ändamålet mest lämpade och därmed i praktiska sammanhang mest använda förfarandena och anordningarna baserar sig på användning av den tidsvariation som erhålls när ström 30 till sändarspolarna stängs av plötsligt, exempelvis i ett steg. Detta sätt att åstadkomma tidsvariation har visat sig ge praktiskt användbara metoder och anordningar i en väsentligt

9571SE - 031251/UR

Ink t. Patent- och reg.verket

4

2003-12-31

Huvudförfattare: Kæstan

högre grad än den teknik, baserad på sinusformad tidsvarian-
tion, som tidigare var den allmänt använda.

Det förfarande som beskrivs i US 5059902 har visat sig fungera
5 väl i många mätsammanhang där mätning på elektriskt ledande
material eftersträvats. Men vid mätning på plåt eller band har
det visat sig att de högsta kraven på mätnoggrannhet inte
kunnat uppnås. Mätning vid flera tidpunkter, och beräkningar
baserade på dessa mätvärden, ger för stora sammanlagda fel.

10

I SE 517293 beskrivs en sådan metod som baseras på en
plötsligt avstängd ström till sändarspolen. Denna metod har
löst mätproblemet genom att huvudsakligen en mätning under en
viss given tidsperiod direkt ger plåtens eller bandet
15 tjocklek, utan inverkan från andra varierande parametrar.

Denna metod har inneburit ett industriellt genombrott för
tillverkning av metallplåt. Man har i och med denna teknik
kunnat mäta tjocklek utan inverkan från materialparametrar,
20 som när man använder röntgen/x-ray eller isotopteknik. Man får
ingen störande inverkan från mätområdets sammansättning, dvs.
luftens sammansättning, omgivningens eller materialets
temperatur, olja och smuts, som när man använder x-ray, isotop
eller optisk mätning. Ändå sker mätningen kontakt- eller
25 beröringsfritt.

Ett problem är dock att tekniken inte kan användas vid mätning
på mycket tunna plåtar och band. Vid denna typ av mätning
tränger magnetfältet mycket snabbt in till plåtens eller
30 bandets centrum och större delen av denna inträngning sker
under en initial tidsperiod. Då den egentliga mätningen skall
göras, dvs under en något senare tidsperiod, har effekten av

9571SE - 031251/UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -12- 3 1

5

Huvudfaxen Kassan

förändringen redan upphört och något användbart mätvärde erhålls inte.

Att inte kunna mäta på tunna plåtar och band innebär att
5 användbarheten av metoden minskar betydligt, eftersom samma användare av metoden oftast vill kunna använda mätanordningen på såväl tjocka som tunna plåtar. Annan teknik måste alltså införskaffas och användas parallellt vilket innebär merkostnader etc.

10

Med dagens teknik för kontaktfri mätning på tunn plåt, såsom röntgenstrålning och radioaktiva metoder, kan plåt inte mäts materialberoende, mätningen måste anpassas/justeras med hänsyn till det mätta materialets sammansättning. Vidare
15 påverkas mätningen av annat än plåten i mätområdet, såsom av olja, vatten, luft och andra föroringningar. Dessa problem i existerande teknik utgör allvarliga problem som begränsar kända teknikers pålitlighet och därmed deras användbarhet.

20

Uppfinningens ändamål och viktigaste kännetecken

Ett viktigt problem som behöver lösas är att tidigare kända
25 mätmetoder och anordningar inte kan användas för mätning av tunna eller mycket tunna plåtar såsom t.ex. metallfolie.

Tidigare märanordningar och metoder har inte kunnat uppnå kraven på mätnoggrannhet, inte ens då man använt induktiva metoder. Beräkningar baserade på sådana mätvärden har lett
30 till för stora fel.

Ett ytterligare problem med känd teknik är att mätning av t.ex. en produkts tjocklek påverkas av mätobjektets material-sammansättning.

5 Ytterligare ett problem är att olika metoder och mätanordningar måste användas parallellt idag för att utföra mätningar på både tunna och tjocka plåtar.

Ett viktigt problem att lösa för att få ett riktigt genombrott
10 för den nya tekniken är att åstadkomma en mätmetod och mätanordning som har likartad grundteknik för mätning av både tjocka och tunna material.

Ytterligare problem är att tillverkning av band och plåt är en
15 kraftkrävande process och i samband med olyckor finns alltid risk att mätare, som tjockleksmätare, skadas eller slås sönder. Det är därför viktigt att mätanordningarna är enkla, billiga och robusta.

20 Ändamålet med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en metod och en anordning som löser ovan angivna problem och som använder sig av induktiv mätning av plåttjocklek och elektrisk ledningsförmåga hos tunna band eller tunn plåt av elektriskt ledande material.

25 Ytterligare ett ändamål med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en mätning av plåttjocklek som kan utföras med de anordningar som redan används för att åstadkomma mätning av plåttjocklek på tjockare band eller plåt. Inte heller
30 mätobjektets läge vid mätningen skall påverka mät noggrannheten negativt.

9571SE - 031231-UR

Ink. t. Patent- och reg.vei

7

2003-12-31

Huvudfelen Kassar

Detta åstadkommes enligt föreliggande uppfinning genom

- placering av en sändarspole 3 på ena sidan av mätobjektet 5,
- placering av en mottagarspole 7 på andra, motsatta, sidan av mätobjektet 5,

5 - alstrning av ett magnetfält i sändarspolen 3,

- plötslig förändring av det i sändarspolen 3 alstrade magnetfältet,
- detektering av den i mottagarspolen 7 inducerade spänningen S_1 ,

10 - bestämning av den tidsperiod T_a som förflyter från tidpunkten t_0 för magnetfältets förändring i sändarspolen 3 fram till tidpunkten t_1 då en spänning börjar induceras i mottagarspolen 7,

- bestämning av den i mottagarspolen 7 inducerade spänningens 15 maximala storlek S_{1max} , och utifrån erhållna mätvärden beräkning av mätobjektets 5 tjocklek och/eller elektriska ledningsförmåga.

En uppfinningsenlig mätanordning innehållar

20 - att sändarspolen 3 är anordnad att alstra ett förändringsbart magnetfält,

- att mottagarspolen 7 är anordnad att alstra en spänning S_1 när den utsätts för en magnetfältsförändring,
- att en styrkrets 1 är anordnad att initiera en plötslig 25 förändring av magnetfältet i sändarspolen 3,
- att medel 10,11,12,13 är anordnade att bestämma tidpunkten t_1 för magnetfältets genomträngning av mätobjektet 5 och därmed tidsperioden T_a ,
- att medel 13 är anordnade att detektera den i mottagarspolen 30 7 maximalt inducerade spänningen S_{1max} , och att medel 13 är anordnade att ur dessa värden beräkna mätobjektets 5 tjocklek eller elektriska ledningsförmåga.

Med andra ord mäts den inducerade spänningens tidsförlopp i mottagarspolen efter en plötslig avstängning av strömmatningen till sändarspolen och dessa mätvärden används i en beräkning 5 där plåtens tjocklek kan bestämmas utan att plåtens övriga egenskaper inverkar. Enligt uppfinningen utförs detta alltså väsentligen genom att ur spänningens tidsförlopp beräkna en tid då magnetfältetsförändringen, härrörande från den plötsliga avstängningen av strömmatning i sändarspolen, börjar 10 tränga igenom plåten och genom att också ur spänningens tidsförlopp mäta den inducerade spänningen efter det att fältförändringen trängt igenom plåten och att sedan använda förhållandet mellan denna beräknade tid och den uppmätta spänningen 15 som ett primärt mätt på plåtens tjocklek.

15 Föreliggande uppfinning löser därmed problemet att göra den magnetiska mättekniken generellt användbar. En användare av tekniken enligt SE 517 293 behöver inte helt byta grundteknik då plåt med tunn tjocklek skall mätas. Uppfinningen gör att 20 mätningen för tunn plåt kan utföras med samma typ av utrustning och metod.

Uppfinningen möjliggör mätning med några få, ytterst enkla komponenter, som inte heller är känsliga för mekanisk åverkan 25 och sönderslagning. Utrustningen innehåller enkla spolar och några få enkla elektriska/elektroniska standardkomponenter.

Utrustningen kan därför med fördel integreras med en tjockleksmätare för tjockare plåt enligt känd teknik. Det är till 30 och med möjligt att använda vissa av komponenterna, men på skilda sätt, gemensamt i båda mätanordningarna.

9571SE - 031231/UR

Ink. f. Patent- och reg.verka

9

2003 -12- 3 1

Huvudfaksen Kassan

Kort beskrivning av bifogade ritningsfigurer

Uppfinningen beskrivs närmare nedan under hänvisning till
5 bifogade ritningar.

Figur 1 visar ett elektroniskt kretsschema över en
uppfinningsenlig mätutrustning.

Figur 2A-E visar fem olika signaldiagram där signalvärdet vid
10 olika tidpunkter framgår.

Figur 3 visar en alternativ lösning av en uppfinningsenlig
mätutrustning där strömriktningen genom sändarspolen växelvis
ändras.

Figur 4 visar ett flödesschema över en uppfinningsenlig metod.
15

Beskrivning av föredragna utföringsformer av uppfinningen

I figur 1 visas ett uppfinningsenligt kretsschema för mätning
20 av tjocklek och ledningsförmåga hos ett föremål eller
mätobjekt 5 och dess elektriska egenskaper. Mätobjektet 5, här
i form av en plåt, placeras mellan en sändarspole 3 och en
mottagarspole 7.

25 Sändarspolen 3 matas under en första tidsperiod T1 med en i
huvudsak konstant ström i som kommer från en strömkälla 4 via
en transistor 2. Transistorn 2 styrs av en signal Scl från en
styrkrets 1.

30 Under en första tidsperiod T1, en strömmatningsperiod, leder
transistorn 2 ström från strömkällan 4 till sändarspolen 3 och
vidare till jord Gnd. Direkt efter denna strömmatningsperiod

9571SE - 031251/UR

Ink. t. Patent- och reg. v.

10

2003-12-31

Huvudfakten Kassa

T1 avbryts strömmen till sändarspolen 3 genom att transistorn 2 stänger. Ett motstånd 6 över sändarspolen 3 tjänar som urladdningsmotstånd i samband med strömavbrottet.

5 Detta motstånd 6 tillsammans med sändarspolens 3 induktans bestämmer sändarspolens 3 avslagstid.

Plåten 5, vars tjocklek eller elektriska ledningsförmåga skall mätas, placeras i närheten av sändarspolen 3, så att plåten 5 10 påverkas av det från sändarspolen 3 genererade magnetfältet. På andra sidan om denna plåt 5 är en mottagarspole 7 anordnad på ett sådant avstånd från sändarspolen 3 att den påverkas av sändarspolens 3 magnetfält.

15 Mottagarspolen 7 är med sin ena anslutning kopplad till jord, Gnd och med sin andra anslutning kopplad till en spänningförstärkare 9 och över mottagarspolen 7 är också ett urladdningsmotstånd 8 placerat. Spänningförstärkaren 9 transfor- 20 merar den inducerade spänningsnivån S1 över mottagarspolen 7 till en lämplig nivå för integratorkretsen 10. I denna inte- gratorkrets 10 integreras spänningen från förstärkaren 9 från den tidpunkt t1 då matningen via transistorn 2 avbryts och framåt i tiden. Styrningen av integratorkretsen 10 utförs av (tids-) styrkretsen 1 via en signal Sc2. Den integrerade 25 signalen S2 leds till två parallella "Sample and Hold" eller S/H-kretsar 11,12 där den integrerade signalens S2 värde vid två olika tidpunkter, bestämda av styrsignaler Sc3 och Sc4 från styrkretsen 1, bestämmes som två olika spänningsnivåer S3, S4.

30 De stabila spänningarna S3 och S4 kan nu användas som utgångsvärden för beräkning av såväl plåtens tjocklek som dess elek-

triska ledningsförmåga. Detta görs i en beräkningskrets 13, som i t.ex. kan vara en subtraktionsförstärkare, en processor, en dator eller liknande. Beräkningskretsen 13 presenterar slutresultatet i form av en utsignal till en dator eller liknande eller helt enkelt ett värde som visas i en presentationseenhet 14.

Figur 2A-E illustrerar exempeldiagram på de olika signaler som förekommer i en mätutrustning enligt figur 1. Fem olika diagram A-E visas där i varje diagram den horisontella axeln visar tiden och den vertikala axeln visar ström alternativt spänningsnivåer. En styrsignal S₁ bringar, som nämnts, transistorn 2 under en tidsperiod T₁ att öppna och låta ström passera genom sändarspolen 3. Tidsperioden T₁ är så lång att väsentligen alla förändringar i magnetfältet, alstrat av sändarspolen 3, beroende av förändringar i strömmen i, har upphört. I diagrammen i figur 2 anses tidsperioden T₁ påbörjad redan före den tid som visas i diagrammen.

Vid tidpunkten t₀ bringas transistorn 2 att stänga av strömmen genom sändarspolen 3. Strömmen genom sändarspolen 3 i, framgår av diagrammet A. Den förändring i magnetfältet alstrat av sändarspolen 3 som blir en konsekvens av förändringen av strömmatningen tränger så småningom igenom plåten 5 och förändringen av magnetfältet kring mottagarspolen 7 inducerar en spänning S₁ i mottagarspolen 7. Den på detta sätt inducerade spänningen S₁ visas i diagrammet B i figur 2.

Endast tidsförändringen under tidpunkterna t₀ till t₄ är av primärt intresse då det är under denna tidsperiod som mätningen av de aktuella parametrarna sker. Vid tidpunkten t₀ sker först ingen fältförändring vid mottagarspolen 7, beroende på

att det tar viss tid för fältförändringen från sändarspolen 3 att tränga igenom mätobjektet, plåten 5. Frånvaron av fältförändring över mottagarspolen 7 gör alltså att den inducerade spänningen i mottagarspolen 7 initialt vid tidpunkten t_0 är 5 noll.

Efter en tidsperiod T_a , från tidpunkten t_0 då strömmen i sändarspolen 3 stängts av, har magnetfältsförändringen trängt igenom plåten 5 och därvid förändras även magnetfältet i och 10 kring mottagarspolen 7, vilket i sin tur ger upphov till en inducerad spänning i mottagarspolen 7. Fältförändringen i mottagarspolen 7 och därmed spänningen över mottagarspolen 7 S_1 når efter kort tid ett maximalt värde $S_{1\max}$ för att därefter med tiden sakta avta.

15

Signalen S_1 förstärks i förstärkarkretsen 9 och integreras i integratorkretsen 10 till en signal S_2 . Signalens S_2 förändring över tiden visas i diagrammet i figur 2C.

20 Integratorkretsen 10 är nollställd under den tidsperiod T_1 då sändarspolen 3 strömmatas och integrerar inkommande signal- spänning S_1 först från tidpunkten t_0 och framåt. Vid en tid- punkt t_4 , då signalvärdet S_3, S_4 mätts vid två olika tidpunkter t_2, t_3 och lagrats i S/H-kretsarna 11,12 nollställs integra- 25 torkretsen 10 av styrkretsen 1.

I diagrammet i figur 2D visas spänningssignalen S_3 som detek- terats vid tidpunkten t_2 . S/H-kretsen 11 styrs av styrssignalen S_{03} från styrkretsen 1 på ett sådant sätt att det värde spän- 30 ningssignalen S_2 har vid tidpunkten t_2 fasthålls av S/H- kretsen. Den spänningssignal som kommer ut från denna S/H-

9571SE - 031231:UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003-12-31

13

Huvudtakten kusson

krets 11 när förloppet avslutats, dvs efter tidpunkten t4, representerar alltså signalförhållandet vid tidpunkten t2.

På motsvarande sätt representerar diagrammet i figur 2E den 5 spänningssignal som detekteras av S/H-kretsen 12 och som representerar den integrerade signalens S2 storlek vid tidpunkten t3.

Därmed har en sekvens av matning av en sändarspole 3 och 10 mätning vid en mottagarspole 7 beskrivits. Vid praktisk användning av denna metod och anordning upprepas denna sekvens regelbundet. Därvid kommer utsignalerna från S/H- kretsarna 11,12 inte att vara noll under tidsperioden T1 och fram till tidpunkterna t2 och t3. Istället kommer signalvärdena från 15 föregående sekvens att finnas kvar under denna tid.

Enligt uppfinningen väljs tidpunkten t2 på ett sådant sätt att magnetfältets förändring väl hunnitträna igenom, efter 20 tidsperioden Ta, men före det att signalen S1 från mottagarspolen, har hunnit sjunka avsevärt från sitt maximala värde. Tidsperioden Ta kan antingen bestämmas genom att mäta när spänningssignalen i mottagarspolen 7 har ett värde större än noll för första gången eller genom att använda mätningar och beräkningar från ett tidigare mättillfälle.

25

Tidsperioden Ta kan även beräknas ur relationen;

$$Ta = Konstant1 \times (\text{Plåttjockleken})^2 \times \gamma$$

30 där γ är plåtens elektriska ledningsförmåga.

9571SE 031291/UR

Ink. t. Patent- och reg. verket

2003-12-31

14

Huvudforsen Kesten

Konstant1 är en allmängiltig konstant som antingen kan beräknas med fältteori eller mäts upp i ett känt fall. Vid praktisk användning av denna beräkningsformel användes till att börja med uppskattade värden på plåttjocklek och elektrisk 5 ledningsförmåga. Därefter väljs t2 så att tidsperioden t1 till t2 med betryggande marginal är större än detta Ta värde.

Typiskt väljs t2 så att tidsperioden blir dubbelt så lång som Ta men anordningen fungerar väl även med val av t2 så att 10 tidsperioden blir mellan $1,2 \times Ta$ och upp till lång tid efter Ta, exempelvis 10 gånger längre tid. En konsekvens av detta blir att Ta endast behöver uppskattas grovt för bestämmning av t2 och t3, vilket väsentligen underlätta användningen av uppfinitionen.

15

Som exempel kan nämnas att om plåttjockleken anges i mm, ledningsförmågan i $1/\text{Ohm}/\text{m}$ och tiden i mikrosekunder så är Konstant1 ungefär 2×10^{-5} .

20 Tidpunkten t2 väljs vidare så att den inträffar inom tidsperioden Tb, en tidsperiod efter vilken S1 fortfarande ligger nära sitt maximala värde S1max. Med att S1 ligger nära avses här att signalvärdet ej sjunkit mer än 10%. De bästa resultaten vid användning av anordningen enligt uppfinitionen erhålls om Tb är en tidsperiod av sådan längd att signalvärdet S1 endast sjunkit ytterst lite från sitt maximala värde, till exempel 2% vid slutet av perioden.

30 Även i det fall att signalvärdet mäts vid en tidpunkt när det sjunkit under S1max kan ett riktigt värde på S1max beräknas med tillräcklig noggrannhet. En justering av de uppmätta värdena vid t2 respektive t3 kan erhållas genom;

$$S3\text{just} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 * \text{konstant2} * S3}}{\text{konstant2}}$$

$$S4\text{just} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 * \text{konstant2} * S4}}{\text{konstant2}}$$

$$S1\text{max} = \frac{S4\text{just} - S3\text{just}}{t3 - t2}$$

5 Konstant2 är därvid en fundamental konstant som kan beräknas
 eller uppmätas i ett fall med känt mätobjekt 5. Beräkningen av
 S3just och S4just kan förfinas ytterligare och på så sätt göra
 det möjligt att mäta även när signalvärdet sjunkit mer än 10
 %, men innanför dessa 10% är ovanstående justering
 tillräcklig.

10

Tidpunkten t3 väljs så att den ligger efter tidpunkten t2 men
 ändå före det att signalen S1 hunnit sjunkit alltför mycket
 från S1max. Erfarenhetsmässigt har det visat sig lämpligt att
 förlägga tidpunkten t3 ungefär dubbelt så långt från t1 som
 15 t2.

20 I den ovan beskrivna utföringsformen av uppfinningen har
 strömmatningen till sändarspolen 3 avbrutits. Uppfinningen är
 dock inte begränsad till en sådan förändring av strömmatning-
 en, utan uppfinningen kan fås att fungera även med andra
 plötsliga förändringar från ett konstant strömvärde till ett
 annat. En total avstängning av strömmen, från ett konstant
 strömvärde ner till noll, är oftast att föredra inte minst för
 att det är tekniskt lättare att snabbt stänga av en ström helt
 25 med en transistor än att snabbt slå till en ström eller att
 snabbt ändra en ström från ett värde till ett annat.

Genomträngningsperiodens (T_a) längd beräknas enligt uppfinningen genom att betrakta spänningen S_2 som en linjär funktion av tiden i området kring t_2 och t_3 och sedan med hjälp av signalvärdena S_3 och S_4 vid t_2 och t_3 beräkna denna funktions 5 tidsvärde när signalen är noll (0). Likaledes beräkna S_{1max} som denna funktions lutning. Alternativt användes S_3 just och S_4 just för denna beräkning i det fall att signalen S har sjunkit avsevärt i relation till S_{1max} . Objektets tjocklek kan sedan beräknas som produkten av S_{1max} och T_a .

10

De två signalvärdena S_3, S_4 som erhålls från S/H-kretsarna 10,11, eller alternativt de beräknade värdena S_3 just, S_4 just, användes för att på ett entydigt sätt beräkna värden på mätobjektets, plåtens 5, tjocklek och elektrisk ledningsförmåga. 15 Detta utförs i beräkningskretsen 13 genom att beräkna tjockleken och den elektriska ledningsförmågan γ ur algoritmen;

$$\text{Plåttjocklek} = \text{Konstant3} \times (S_3 \times t_3 - S_4 \times t_2) / (t_3 - t_2)$$

$$\gamma = \text{Konstant 4} / ((S_4 - S_3) \times (S_3 \times t_3 - S_4 \times t_2))$$

20

Konstant3 och Konstant4 bestämmes genom mätning på plåt med känd tjocklek och med känd elektrisk ledningsförmåga. Detta beräkningsätt har visat sig fungera väl när tiderna t_2 och t_3 kan väljas så att de båda kommer att ligga nära det maximala 25 värdet S_{1max} på signalen S_1 . Det kan dock vara svårt att i ett praktiskt fall välja t_2 och t_3 på detta sätt, beroende på att man i förväg inte känner till var i tiden detta maximivärde ligger.

30 Enligt ett alternativt förfarande enligt uppfinningen kan man också utgå ifrån ett på förhand känt utseende på den integrerade signalen S_2 , känt genom uppmätning av ett flertal plåtar

med känd tjocklek och känd ledningsförmåga eller känt genom beräkning, och genom att jämföra detta kända utseende med signalen för S3 vid t2 och S4 vid t3, kan tjocklek och elektrisk ledningsförmåga beräknas på den okända plåten under mätning.

5

Enligt ett likaledes alternativt förfarande enligt uppföringen kan genomträngningstiden Ta och den maximal inducerade spänningen S1max beräknas direkt ur den inducerade signalen S1 enligt figur 2. Detta kan göras antingen genom att detektera 10 när en viss signalnivå uppnås första gången efter t1 som ett mätt på Ta och genom att maxvärdesavkänna signalen S1 som ett mätt på S1max. Sedan kan plåtens 5 tjocklek beräknas såsom varande proportionell mot produkten av dessa båda värden.

15 Vidare kan den elektriska ledningsförmågans reciproka värde erhållas som produkten av kvadraten på värdet av S1max och värdet av Ta. Värden på Ta och S1max kan även åstadkommas på likartat sätt genom att först omvandla signalen S1 i digital form och därefter genomföra bestämningen enligt ovan i en 20 beräkningskrets.

Ett alternativt sätt att bestämma genomträngningstiden Ta och magnetflödet genom plåten 5 visas i figur 3. Två transistorer 2a,b är härvid anordnade för styrning av matningsströmmen till 25 sändarspolen 3. Den första transistorn 2a är anordnad att leda ström från en konstant strömkälla 4a till sändarspolen 3 och den andra transistorn 2b för att leda ström från sändarspolen 3 till utgången 4b kopplad till en konstant strömsänka eller spänning med negativ potential. Ett urladdningsmotstånd 6 är 30 kopplat över sändarspolen 3. De båda transistoreerna 2a och 2b styrs från styrkretsen 1 på sådant sätt att de växelvis leder ström, med styrsignalerna Sc1 och Sc2.

9871SE - 031231:U8

Ink. t. Patent- och ren. verk

2003-12-31

18

Huvudfaxen Kressan

Under en första tidsperiod T_1 , fram till tidpunkten t_0 (se figur 2), leder endast den ena transistorn $2a$ ström så att strömmen flyter genom sändarspolen 3 och därefter till jord Gnd . Under tidsperioden från t_0 till en tidpunkt någon gång efter t_4 är båda transistorerna $2a, b$ stängda och signalerna, som den inducerade spänningen i mottagarspolen 7 alstrat, mäts. Därefter upprepas förloppet med den skillnaden att den andra transistorn $2b$ leder ström åt motsatt håll, dvs från jord Gnd genom sändarspolen 3 via transistorn $2b$ till utgången $4b$ som har en negativ potential.

Magnetfältets förändringar kommer nu växelvis att ha olika riktning och den i sändarspolen 3 inducerade spänningen S_1 kommer växelvis att vara av olika polaritet. Signalen ut från S/H-kretsarna $11, 12$ blir en växelpänning med fyrkantsvägsutseende. När denna signal behandlas i beräkningskretsen 13 används skillnaden mellan det positiva signalvärdet och det negativa signalvärdet som mätvärdet av S_3, S_4 . På detta sätt erhålls värden på de båda storheterna som inte påverkas av t.ex. nollpunktsfel i elektronikkretsarna $7-12$, och beräkningen av plåtens 5 tjocklek och elektrisk ledningsförmåga blir ännu mer noggrann än vid användning av kretslösningen enligt figur 1. Utföringsformen enligt figur 3 är att föredraga när riktigt höga krav på mät noggrannhet behöver uppnås.

Metoden enligt uppfinningen kan, åtminstone delvis, utföras med hjälp av programkoder som körs i en processor eller i en dator och dessa programkoder kan lagras på ett datorläsbart medium som en hårddisk, diskett, CD-ROM, annat flyttbart minne etc.

9571SE - 031231/UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -12- 3 1

19

Huvudforsen Kassan

Även om uppfinningen här ovan har beskrivits i några utföringsexempel är uppfinningen naturligtvis inte begränsad till dessa utan andra utföringsformer och varianter är tänkbara inom patentkravens skyddsomfång. Således är det t.ex. tänkbart att beräkningen av mätobjektets tjocklek och/eller elektriska ledningsförmåga kan ske även med andra helt eller delvis annorlunda matematiska formler än vad som framgår av ansökan.

5

95715E - 061281/UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

2303 -12- 3 1

20

Huvudfaxen Kassan

Patentkrav

1. Metod för beröringsfri mätning av en dimension och/eller en elektrisk egenskap, hos ett elektriskt ledande mätobjekt genom användning av elektromagnetisk induktion, och vid vilken metod ett elektromagnetiskt fält bringas att tränga igenom mätobjektet,
kännetecknad av,
 - placering av en sändarspole (3) på ena sidan av mätobjektet
 - 10 (5),
 - placering av en mottagarspole (7) på andra, motsatta, sidan av mätobjekter (5),
 - alstring av ett magnetfält i sändarspolen (3),
 - plötslig förändring av det i sändarspolen (3) alstrade magnetfältet,
 - 15 - detektering av den i mottagarspolen (7) inducerade spänningen (S_1),
 - bestämning av den tidsperiod (Ta) som förflyter från tidpunkten (t_0) för magnetfältets förändring i sändarspolen (3) fram till tidpunkten (t_1) då en spänning börjar induceras i mottagarspolen (7),
 - 20 - bestämning av den i mottagarspolen (7) inducerade spänningens maximala storlek ($S_{1\max}$), och utifrån erhållna mätvärden beräkning av mätobjektets (5) tjocklek och/eller elektriska ledningsförmåga.
 - 25 2. Metod enligt patentkrav 1,
kännetecknad av,
 - att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga beräknas utifrån tidsperioden (Ta) och den i mottagarspolen (7) maximalt inducerade spänningen ($S_{1\max}$).

9871SE - 031261/UR

Ink. t. Patent- och reg.verket

21

2003-12-31

Huvudfaksen Kassan

3. Metod enligt patentkrav 1 eller 2,
kännetecknad av,
att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga
beräknas ur produkten av tidsperioden (Ta) och den i
5 mottagarspolen (7) maximalt inducerade spänningen (S1max).

4. Metod enligt något eller några av föregående patentkrav,
kännetecknad av,
att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga
10 beräknas ur det reciproka värdet av produkten av den i
mottagarspolen (7) maximalt inducerade spänningens (S1max)
kvadrat och tidsperioden (Ta).

5. Metod enligt något eller några av föregående patentkrav,
15 **kännetecknad av,**
att den i mottagarspolen (7) inducerade spänningen (S1)
integreras och att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska
ledningsförmåga beräknas ur denna integrerade signal (S2).

20 6. Metod enligt något eller några av föregående patentkrav,
kännetecknad av,
att den i mottagarspolen (7) inducerade spänningen (S1)
integreras och att mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska
ledningsförmåga beräknas ur denna integrerade signals (S2)
25 värde vid minst två olika tidpunkter (t2, t3).

7. Metod enligt patentkrav 6,
kännetecknad av,
att de två olika tidpunkterna (t2, t3) är på förhand bestämda.

30

9671SE - 031201/UR

22

Ink. f. Patent- och reg.verket

2003-12-31

Huvudfaxen Kassan

8. Metod enligt patentkrav 6 eller 7,
kännetecknad av,
att de två olika tidpunkterna (t₂, t₃) förläggs inom
tidsintervallet (T_b) dvs mellan tidpunkten (t₀) för en
5 plötslig förändring av magnetfältet i sändarspolen (3) och
tidpunkten (t₄) då den inducerade spänningen (S₁) i
mottagarspolen (7) säkert sjunkit under sitt maximala värde
(S_{1max}).

10 9. Metod enligt något av patentkraven 6 - 8,
kännetecknad av,
att de två olika tidpunkterna (t₂, t₃) förläggs inom
tidsintervallet (T_b) men efter tidsperioden (T_a).

15 10. Mätanordning för beröringsfri bestämning av en eller flera
eftersökta egenskaper hos ett mätobjekt (5), såsom dess geome-
triska dimension och/eller elektriska ledningsförmåga, inne-
fattande minst en sändarspole (3) och minst en mottagarspole
(7) placerade på avstånd från varandra samt medel för att
20 alstra ett förändringsbart magnetiskt fält i sändarspolen (3)
och medel för att detektera en i mottagarspolen (7) inducerad
spänning (S₁),
kännetecknad av,
- att sändarspolen (3) är anordnad att alstra ett
25 förändringsbart magnetfält,
- att mottagarspolen (7) är anordnad att alstra en spänning
(S₁) när den utsätts för en magnetfältförändring,
- att en styrkrets (1) är anordnad att initiera en plötslig
förändring av magnetfältet i sändarspolen (3),
30 - att medel (10,11,12,13) är anordnade att bestämma tidpunkte
(t₁) för magnetfältets genomträngning av mätobjektet (5) och
därmed tidsperioden (T_a),

9471SE - 031231/UR

Ink. t Patent- och reg.verket

2003-12-31

23

Huvudfaxes Kassan

- att medel (13) är anordnade att detektera den i mottagarspolen (7) maximalt inducerade spänningen ($S_{1\max}$), och att medel (13) är anordnade att ur dessa värden beräkna mätobjektets (5) tjocklek eller elektriska ledningsförmåga.

5

11. Mätanordning enligt patentkrav 10,

kännetecknad av,

- att en integrator (10) är anordnad att integrera den i mottagarspolen (7) inducerade spänningssignalen (S_1).

10

12. Mätanordning enligt patentkrav 10 eller 11,

kännetecknad av,

- att kretsar (10-12) är anordnade att mäta den i mottagarspolen (7) inducerad spänningen (S_1) vid två olika tidpunkter (t_2, t_3) efter tidpunkten (t_0) för avbrottet i sändarspolen (3).

15

13. Mätanordning enligt något eller några av patentkraven 10 till 12,

20

kännetecknad av,

att kretsar (10-13) är anordnade att detektera den tidsperiod (T_a) som förflyter från tidpunkten (t_0) för magnetfältets förändring i sändarspolen (3) fram till tidpunkten (t_1) då en spänning börjar induceras i mottagarspolen (7)

25

14. Dataprogram innehållande datakod för utförande av metodstegen enligt något av kraven 1-9.

30

15. Dataläsbart medium innehållande åtminstone en del av dataprogrammet enligt krav 14.

31/12/03

12:33

ABB AB PATENT 46 21 181386 → PAT.VERK ANSÖKA
46 21 181386

NR.548

9571SE - 031231/UR

Ink. f. Patent- och regi

2003 -12- 3 :

24

Huvudforsen Kass

16. Dataprogram enligt krav 14 som åtminstone delvis överföres
via ett nätverk, såsom t.ex. internet.

17. Användning av en anordning enligt patentkraven 10 - 13.

5

9571SE - 031231/LR

Ink. t. Patent- och reg.verket

25

2003-12-31

Hurudfaxes Kassan

Sammandrag

Föreliggande uppföring avser en metod för beröringsfri mätning av en dimension och/eller en elektrisk egenskap, hos

5 ett elektriskt ledande mätobjekt genom användning av elektromagnetisk induktion, och vid vilken metod ett elektromagnetiskt fält bringas att tränga igenom mätobjektet. Den uppföringsenliga metoden innebär;

- placering av en sändarspole 3 på ena sidan av mätobjektet 5,

10 - placering av en mottagarspole 7 på andra, motsatta, sidan av mätobjektet 5,

- alstring av ett magnetfält i sändarspolen 3,

- plötslig förändring av det i sändarspolen 3 alstrade magnetfältet,

15 - detektering av den i mottagarspolen 7 inducerade spänningen S_1 ,

- bestämning av den tidsperiod T_a som förflyter från tidpunkten t_0 för magnetfältets förändring i sändarspolen 3 fram till tidpunkten t_1 då en spänning börjar induceras i

20 mottagarspolen 7,

- bestämning av den i mottagarspolen 7 inducerade spänningens maximala storlek S_{1max} , och

utifrån erhållna mätvärden beräkning av mätobjektets 5 tjocklek och/eller elektriska ledningsförmåga.

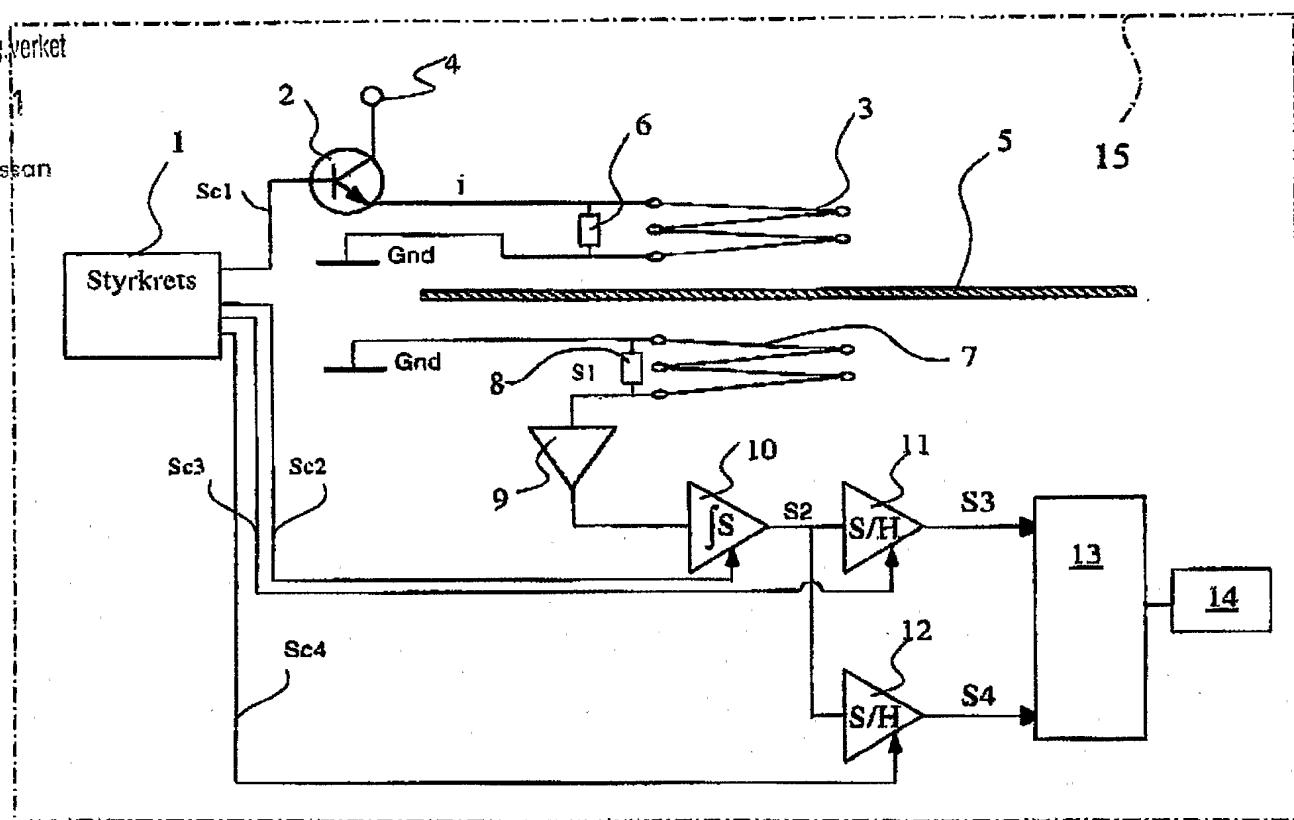
25

(Figur 4)

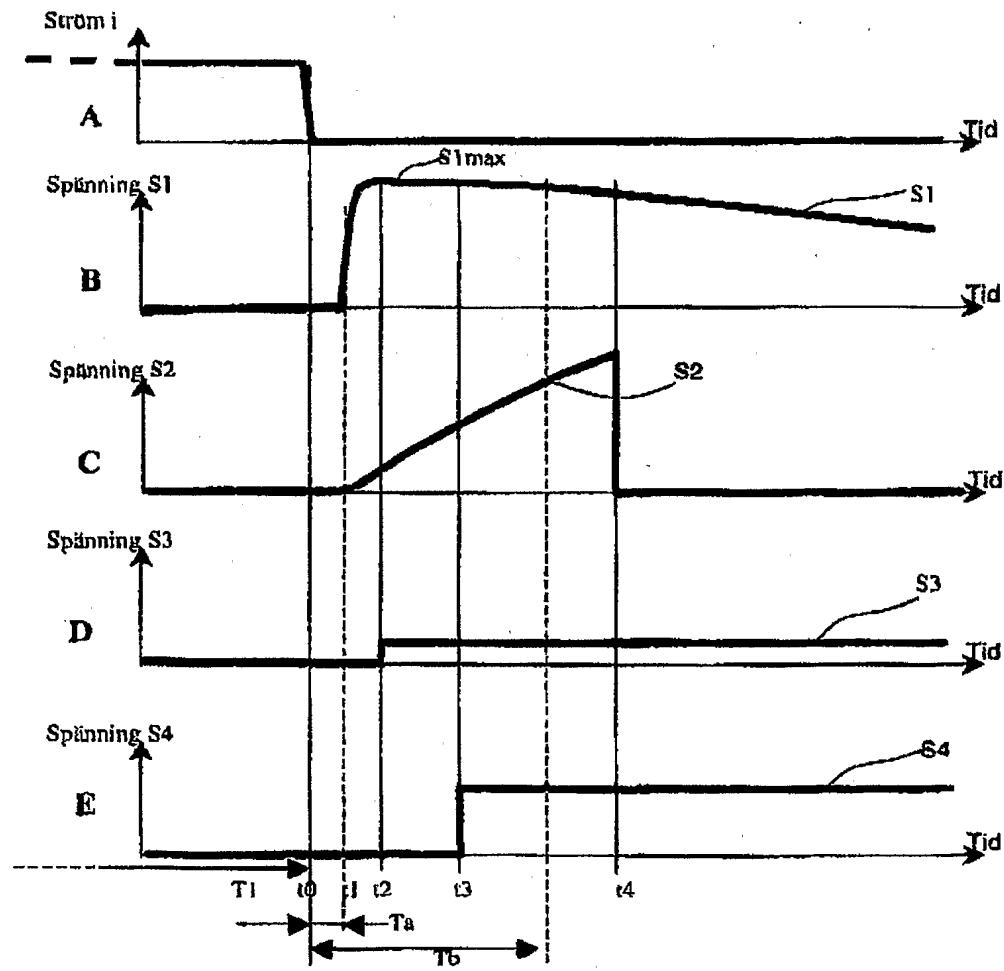
Ink. t. Patent- och reg.verket

2003 -12- 3 1

Huvudforsen Kassan



Figur 1

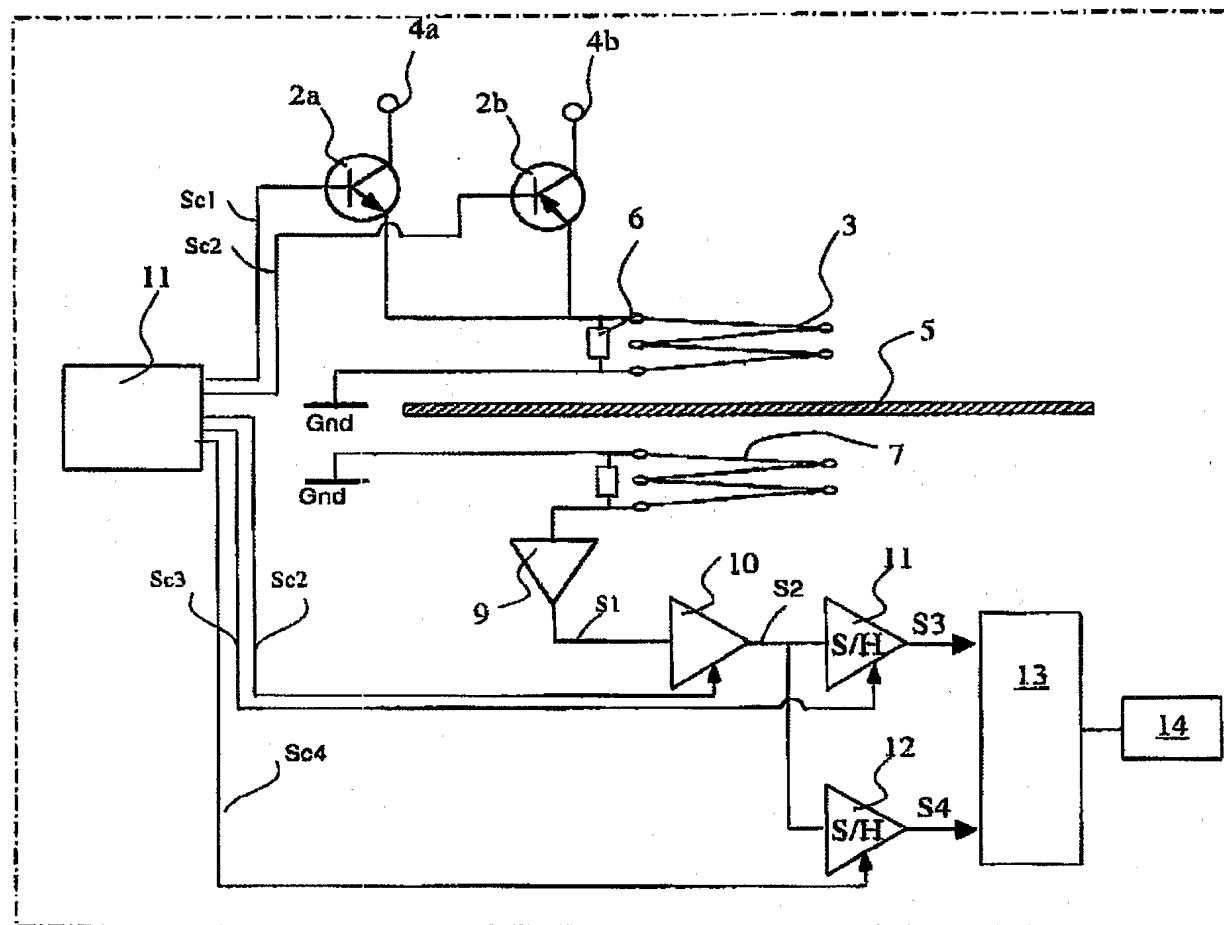


Ink. t. Patent- och reg.verket

2003-12-31

Huvudboxen Kässan

2/3



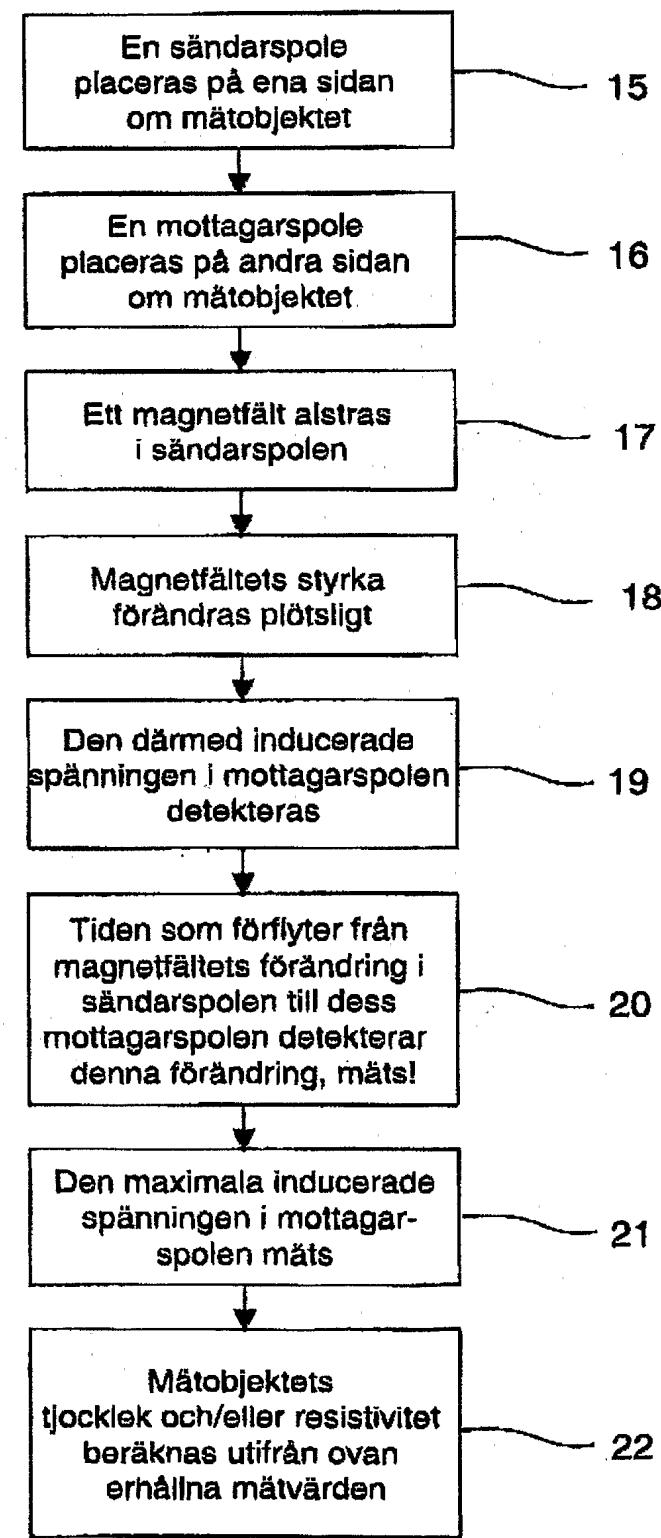
Figur 3

Ink. t. Patent- och reg.verket

3/3

2003-12-3 1

Huvudforsen Käsean



Figur 4